
RANCANG BANGUN SISTEM KONTROL OTOMATIS UNTUK KEMUDI, KOPLING DAN AKSELERATOR PADA TRAKTOR PERTANIAN

Desrial, Cecep Saepul R, I Made Subrata dan Usman Ahmad

Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fateta, IPB

Email : desrial@ipb.ac.id, Telp : (0251) 8623026

ABSTRAK

Penelitian ini merupakan pengembangan traktor pintar (Smart Tractor) yang dilengkapi dengan sistem pengarah otomatis (automatic guidance system). Penelitian tentang aplikasi sistem navigasi otomatis pada traktor pertanian menjadi salah satu topik penelitian yang penting pada dua decade terakhir, dimana issue tentang aplikasi "Precision Farming, PF", keterbatasan tenaga kerja dan lingkungan sudah menjadi hal yang harus dipertimbangkan. Tujuan penelitian ini adalah rancang bangun sistem kemudi otomatis dengan menggunakan mikrokontroler yang dirancang untuk mengendalikan stir kemudi, pedal kopling dan tuas akselerator. Pengujian fungsional dari sistem kontrol yang dikembangkan telah dilakukan menggunakan traktor empat roda. Penujian fungsional dilakukan untuk menguji akurasi dari program kontrol yang dikembangkan dengan membuat jalur lintasan traktor yang telah ditetapkan. Hasil pengujian lapang menunjukkan bahwa program kontrol yang dikembangkan telah dapat mengarahkan jalannya traktor dengan benar sesuai dengan target yang diharapkan. Pengembangan penelitian selanjutnya adalah menggunakan sistem navigasi DGPS untuk mendapatkan akurasi yang lebih tinggi.

PENDAHULUAN

Penelitian tentang aplikasi sistem navigasi otomatis pada traktor pertanian menjadi salah satu topik penelitian yang penting pada dua decade terakhir, khususnya pada negara-negara maju dimana *issue* tentang aplikasi "Precision Farming" (PF) sudah menjadi hal yang harus dipertimbangkan. Sebagai negara berkembang yang berbasis pada sektor pertanian dan sebagai langkah antisipasi pada kemungkinan perubahan iklim dimasa mendatang, maka sudah saatnya di Indonesia dilakukan penelitian yang berkaitan dengan *precision farming* dimana otomasi penggunaan traktor serta alat dan mesin pertanian sangat diperlukan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan untuk mengembangkan sistem navigasi, seperti pada penelitian Bell et al., (2000) yang menunjukkan aplikasi traktor pintar menggunakan *Carrier-Phase Differential* GPS menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi pada skenario lintasan busur lingkaran, spiral dan kurva untuk traktor pertanian. Sedangkan Easterly et al., (2010), memadukan penggunaan *Global Navigation Satellite System* (GNSS) dan sensor penginderaan *vision sensing system* dengan tingkat ketelitian mencapai 2 in (51 mm) pada kecepatan maju traktor antara 2-5 m/s.

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya mengenai sistem kemudi otomatis pada traktor pertanian menggunakan navigasi GPS (Desrial dkk., 2010). Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa navigasi GPS dapat digunakan sebagai panduan untuk pergerakan otomatis traktor.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan sistem mekatronika stir kemudi, kopling dan tuas akselerator sehingga traktor dapat bergerak secara otomatis berdasarkan navigasi GPS. Sistem yang dibangun diharapkan mampu menjadi cikal bakal traktor cerdas (smart traktor) di Indonesia.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

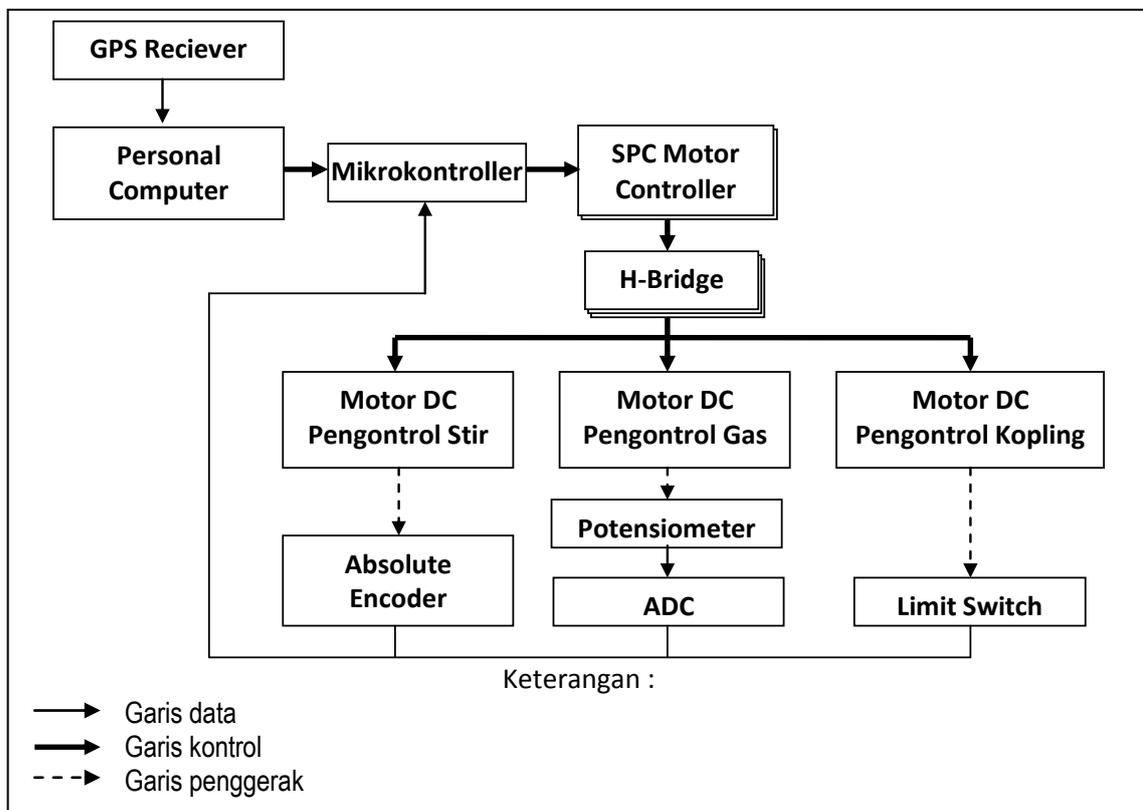
1. Hardware
 - Personal Computer
 - Mikrokontroller DT-51 Minsys
 - GPS
 - 2 SPC Motor Controller
 - 3 EMS 30 A H-Bridge
 - Konektor RS232-USB
 - 3 Motor DC
 - 1 Potensiometer Linier
 - 1 Absolute Encoder
 - ADC 8 Bit
 - Limit Switch
 - Traktor Yanmar EF 453T
2. Software
 - Microsoft Visual Basic 6.0
 - uC 51

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian meliputi perancangan, pembuatan mekatronika sistem kontrol, pengujian statis dan pengujian lapang. Pada tahapan perancangan, sistem dibagi menjadi empat bagian, meliputi :

- a. Sistem pembacaan posisi traktor
Sistem pembacaan posisi traktor dilakukan menggunakan perangkat GPS yang dihubungkan ke *personal computer*.
- b. Sistem kontrol stir kemudi
Stir kemudi dikontrol dengan menggunakan motor DC menggunakan mekanisme puli dan sabuk. Pemilihan mekanisme puli dan sabuk dikarenakan mekanisme ini memiliki beberapa keuntungan diantaranya (Sularso, 2004): Dibandingkan roda gigi atau rantai, penggunaan sabuk lebih halus, tidak bersuara, sehingga akan mengurangi kebisingan serta bidang kontak yang lebih luas dan tegangan puli biasanya lebih kecil sehingga lebar puli bisa dikurangi. Sensor yang digunakan untuk membaca sudut yang dihasilkan roda depan menggunakan absolute encoder.
- c. Sistem kontrol pedal kopling
Pedal kopling dikontrol menggunakan motor DC. Sensor yang digunakan berupa limit switch.
- d. Sistem kontrol tuas akselerator
Tuas akselerator dikontrol menggunakan motor DC. Sensor yang digunakan berupa potensiometer. Resistansi yang terukur kemudian dikonversi menjadi nilai digital menggunakan ADC.

Diagram sistem kontrol secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram sistem kontrol traktor

Pembuatan mekatronika sistem kontrol stir kemudi, akselerator dan kopling melingkupi pembuatan sistem mekanik serta pemrograman system pada mikrokontroler. Pemrograman dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman C. Pemilihan bahasa C didasarkan oleh beberapa keunggulan yang dimiliki antara lain : bahasa C merupakan bahasa pemrograman tingkat tinggi, yang memudahkan desainer dan merupakan bahasa yang *powerfull*, *fleksibel*, dan *portable* sehingga dapat dijalankan pada beberapa sistem operasi yang berbeda (Joni & Raharjo 2006). Program yang ditulis dengan menggunakan aplikasi uC51, yang kemudian *dicompile* menjadi file yang dapat didownload kedalam chip mikrokontroler.

Pengujian statis dilakukan untuk mengetahui kesiapan sistem sebelum dilakukan uji lapang. Pengujian statis meliputi :

1. Kalibrasi
Kalibrasi dilakukan untuk mengkonversi nilai-nilai yang sebenarnya dengan nilai yang terbaca pada setiap sensor yang digunakan. Pada sistem kontrol stir kemudi, nilai yang dibandingkan adalah sudut yang terbentuk pada roda depan dengan nilai absolute encoder, sedangkan pada tuas akselerator nilai yang dibandingkan adalah persentase akselerasi dengan nilai yang terbaca pada ADC.
2. Validasi
Validasi dilakukan untuk menguji sistem berdasarkan persamaan-persamaan yang terbentuk pada proses kalibrasi.
3. Uji konsistensi
Uji konsistensi dilakukan untuk mengetahui kekonsistenan sistem kontrol dalam beberapa kali nilai ulangan untuk mengetahui ketelitian sistem yang dibuat.
4. Uji respon
Uji respon dilakukan untuk mengetahui respon sistem terhadap gangguan-gangguan yang terjadi.

Pengujian lapang dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem secara keseluruhan di lapangan. Pengujian dilakukan dengan cara menggerakkan traktor membentuk segiempat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem kontrol kemudi telah dibangun pada traktor Yanmar tipe EF 453T. mekanisme-mekanisme yang dibangun meliputi : sistem kontrol stir kemudi, pedal kopling dan tuas akselerator. Mekanisme-mekanisme tersebut dipasang seperti yang terlihat pada Gambar 2



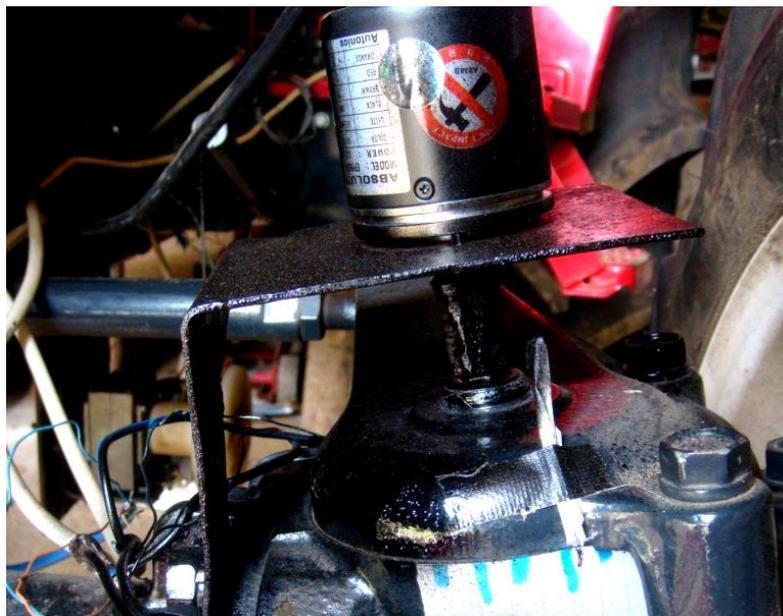
Gambar 2. Tampilan alat secara keseluruhan

Sistem kontrol Stir Kemudi

Sistem kontrol stir kemudi dilakukan dengan menggunakan motor DC 12 V, poros motor DC dihubungkan ke poros stir kemudi menggunakan mekanisme puli dan sabuk. Diameter puli poros motor sebesar 7.5 cm sedangkan diameter puli stir kemudi sebesar 15 cm. Mekanisme kontrol putaran stir kemudi dapat dilihat pada Gambar 3. Sudut roda depan diukur dengan menggunakan absolute encoder. Absolute encoder merubah nilai sudut yang terbaca menjadi nilai biner dengan ketelitian 1° . Hasil pembacaan dijadikan *feedback* ke mikrokontroler.



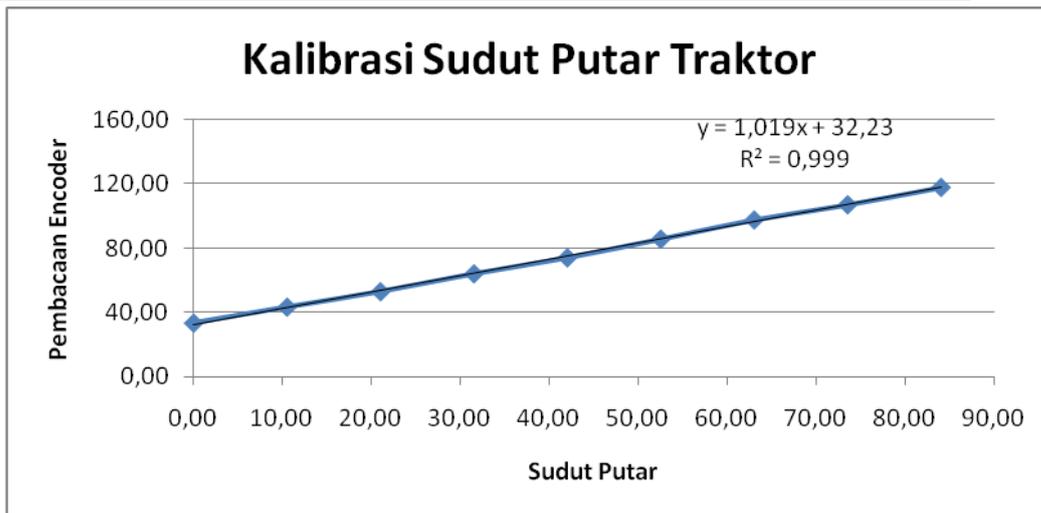
Gambar 3. Mekanisme kontrol sudut putar



Gambar 4. Pembacaan sudut putar roda menggunakan absolute encoder

Sudut maksimum yang dapat terbentuk oleh putaran roda bagian depan adalah sebesar 84.03° . Kecepatan sudut putaran roda kearah kanan sebesar $11.35^{\circ}/s$, sedangkan kecepatan sudut putar kearah kiri $6.39^{\circ}/s$. hal ini terjadi karena kecepatan putar motor DC penggerak stir memiliki kecepatan yang berbeda antara pergerakan kekiri dan kekanan.

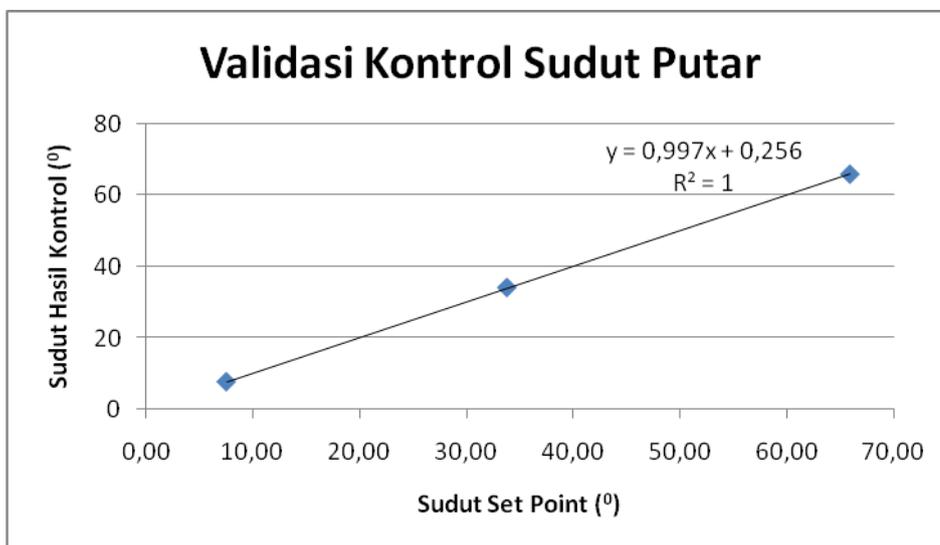
Uji kalibrasi telah dilakukan untuk mengetahui besaran nilai absolute encoder pada setiap nilai sudut yaterbentuk oleh roda depan. Nilai-nilai yang dihasilkan diperlukan untuk mengetahui persamaan untuk mengkonversi nilai sudut yang diinginkan menjadi nilai absolute encoder yang menjadi patokan bagi mikrokontroler. Berdasarkan hasil pengujian, Nilai absolute encoder yang dihasilkan bersifat linier terhadap perubahan sudut, dengan besar selang perubahan tiap 1° . Hasil uji kalibrasi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Grafik kalibrasi sudut putar traktor

Tingkat keakuratan sistem yang dibuat dapat diketahui dengan melakukan dua jenis pengujian, yaitu validasi serta uji konsistensi. Validasi dilakukan untuk mengetahui keakuratan sistem kontrol yang dibuat pada satu kali pergerakan. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya error sudut yang terbentuk terhadap set point yang diinginkan. Berdasarkan hasil uji validasi maka terlihat bahwa ketelitian validasi sangat tinggi. Hasil pengujian validasi dapat dilihat Gambar 6.

Uji konsistensi dilakukan untuk mengetahui konsistensi sudut yang dibentuk selama control. Pengujian konsistensi dilakukan dengan cara sudut putar roda depan traktor diset pada satu sudut tertentu, kemudian dilakukan perubahan sudut putar dan dikembalikan ke sudut awal dan diukur apakah terjadi perubahan sudut dari yang seharusnya atau tidak. Hal ini dilakukan berulang-ulang. Pada pengujian uji konsistensi dilakukan pada sudut putar $33,82^\circ$ dengan nilai encoder 67, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1. Simpangan yang terjadi sangat kecil, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem control sudut yang dibuat konsisten.



Gambar 6. Grafik validasi sudut putar traktor

Tabel 1. Hasil uji konsistensi control stir

Ulangan	Simpangan	
	Encoder	Sudut
1	0	0
2	0	0
3	0	1.91
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0.95
8	0	0
9	0	0
10	0	0
Rata-rata	0	0.29

Sistem Kontrol Kopling

Mekanisme kontrol pedal kopling dilakukan menggunakan motor DC 24 V yang memutar puli dan menggerakkan kawat sehingga batang penghubung pedal kopling tertarik. Pedal kopling hanya dikontrol agar tercapai dua kondisi, yaitu terinjak sepenuhnya (terisi) dan lepas sepenuhnya (kosong). Untuk mengetahui kedua kondisi tersebut digunakan limit switch pada kedua posisi tersebut, sehingga ketika kopling berada pada kondisi tersebut, limit switch akan tertekan dan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler. Mekanisme sistem kontrol kopling dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Mekanisme kontrol pedal kopling

Sistem Kontrol Tuas Akselerator

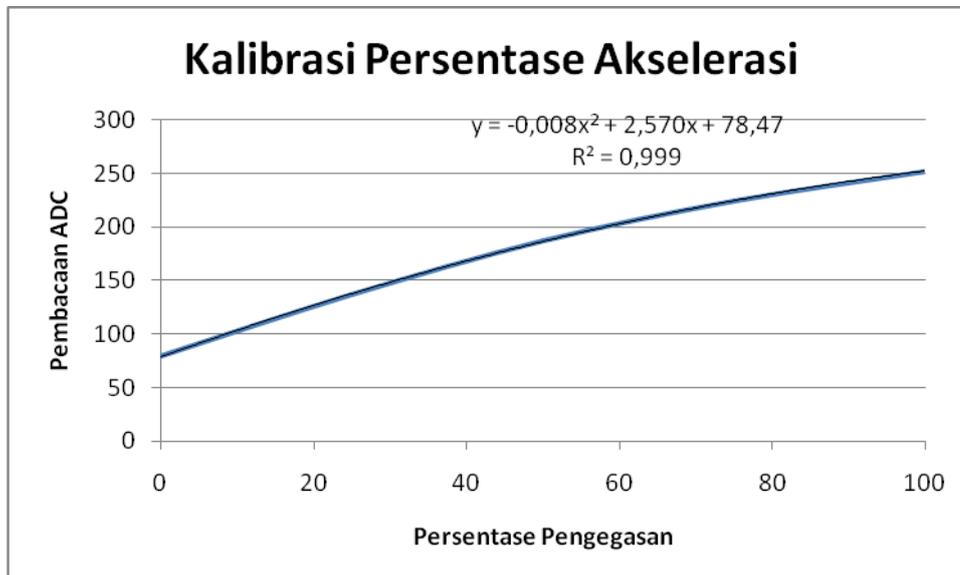
Mekanisme kontrol tuas akselerator dilakukan menggunakan motor DC 12 V yang memutar puli dan menggerakkan kawat sehingga tuas akselerator tertarik. Perubahan putaran puli dijadikan tolak ukur

persentase akselerasi. Persentase akselerasi diukur dengan menggunakan potensiometer yang terhubung ke poros motor DC penggerak. Perubahan nilai resistansi potensiometer dikonversi menjadi data digital menggunakan ADC 8 bit. Waktu yang dibutuhkan untuk merubah persentase akselerasi dari 0% menjadi 100% selama 0.34 detik. Mekanisme kontrol tuas akselerator dapat dilihat pada Gambar 8.

Proses kalibrasi dilakukan dengan pembacaan nilai ADC pada setiap persentase akselerasi, nilai-nilai yang dihasilkan digunakan untuk membuat persamaan konversi dari persentase akselerasi menjadi nilai ADC yang harus diinputkan ke mikrokontroler. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa perubahan nilai ADC bersifat polynomial terhadap perubahan persentase akselerasi. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 8. Mekanisme kontrol tuas akselerator



Gambar 9. Grafik kalibrasi persentase akselerasi

Uji konsistensi juga dilakukan untuk mengetahui kekonsistenan persentase akselerasi selama proses kontrol. Pada pengujian statis dilakukan pengujian konsistensi kontrol pada persentase akselerasi 50% dengan nilai ADC = 187. Simpangan yang terjadi kecil, dengan rata-rata 2.15%, sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem kontrol tuas akselerator yang dibuat konsisten. Data hasil pengukuran simpangan yang terjadi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengujian konsistensi persentase akselerasi

Ulangan	Simpangan	
	ADC	Persentase (%)
1	5	2.91
2	3	1.74
3	3	1.74
4	4	2.32
5	3	1.74
6	3	1.74
7	4	2.32
8	3	1.74
9	5	2.91
10	4	2.32
Rata-rata	3.7	2.15

Pengujian Lapang

Pengujian lapang teah dilakukan secara fungsional. Secara umum sistem dapat bekerja dengan baik mengarahkan traktor bergerak secara otomatis berdasarkan lintasan yang diinginkan.

KESIMPULAN

Dari kegiatan penelitian ini telah menghasilkan prototipe sistem kontrol kemudi traktor berbasis GPS yang diterapkan pada traktor empat roda. Hasil pengujian fungsional dari rancangan tersebut memperlihatkan bahwa algoritma program dapat bekerja dengan baik dan menggerakkan traktor sesuai dengan lintasan yang diharapkan berupa jalur segiempat. Namun demikian akurasi sistem GPS yang dikembangkan masih belum presisi dan oleh sebab itu pada penelitian selanjutnya akan digunakan penrangkat sistem DGPS dengan akurasi yang presisi lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu terselenggaranya penelitian ini. Makalah ini merupakan bagian dari hasil penelitian yang didanai oleh Program Hibah Kompetisi I-MHERE B2c IPB tahun anggaran 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Bell, Thomas. 2000. Automatic Tractor Guidance Using Carrier-Phase Differential GPS. *Computers and electronics in Agriculture Journal*. Elsevier Science B.V. 25(2000) 53-66.
- Desrial, I Made Subrata, Usman Ahmad, Sjahrul Annas, Cecep Saepul. 2010. Pengembangan Sistem Kemudi Otomatis Pada Traktor Pertanian Menggunakan Navigasi GPS. *Prosiding Seminar Nasional Mekanisasi Pertanian Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian*. 2010. Hal 539-552. Tangerang. Indonesia.
- Easterly, Dwight R., Viacheslav I. Adamchuk, Michael F. Kocher, Roger .2010. Using a vision sensor system for performance testing of satellite-based tractor auto-guidance. *Computers and electronics in Agriculture Journal*. Elsevier Science B.V. 72(2010) 107-118.
- Joni, I Made. Raharjo, Budi. 2006. *Pemrograman C dan Implementasinya*. Bandung: Penerbit Informatika.
- Sularso. 2004. *Elemen Mesin*. PT Pradnya Paramita. Jakarta.